

JP00/6038
日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

PGT/JP00/06038

06.09.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 9月 9日

REC'D 27 OCT 2000

WIPO

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第255746号

EU

出願人
Applicant(s):

大日本印刷株式会社

09/830598

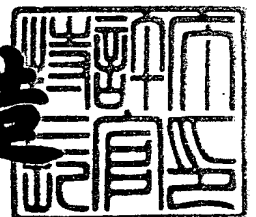
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月13日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3083162

【書類名】 特許願
 【整理番号】 NDN99820
 【提出日】 平成11年 9月 9日
 【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 藤川 潤二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 木名瀬 良紀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 岡村 崇史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 毛利 弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 横山 寿文

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

【氏名】 小久保 晴夫

【特許出願人】

【識別番号】 000002897

【氏名又は名称】 大日本印刷株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荏澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004649

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ハーフトーン位相シフトフォトマスク及びこれを作製するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明基板上に、少なくともタンタル、酸素、炭素、窒素を含むハーフトーン位相シフト膜を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクにおいて、少なくとも 2 層あるいはそれ以上の異なる膜を多層積層した構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 2】 請求項 1 において、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 1 0 0 以上含まれている膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 3】 請求項 1 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対してタンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 4】 請求項 1 において、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 5 0 乃至 2 5 0、窒素原子が 1 乃至 2 0 0 含まれている膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン型位相シフトフォトマスク。

【請求項 5】 請求項 1 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 1 0 0 以上含まれている膜が積層される構造を有することを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 6】 請求項 1 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合酸素原子が 5 0 乃至 2 5 0、窒素原子が 1 乃至 2 0 0 含まれている膜が積層される構造を有することを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 7】 請求項 1 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜が透明基板上に直接成膜され、順次 2 層目以降の膜が積層される構造を有することを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項において、透明基板上にエッチングストッパー層が形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 9】 請求項 8 において、酸化ハフニウムを主体とする膜がエッチングストッパー層として形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 1 0】 透明基板上に、少なくともタンタル、酸素、炭素、窒素を含むハーフトーン位相シフト膜を有するハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスにおいて、2 層あるいはそれ以上の多層構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 において、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 1 0 0 以上含まれている膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 2】 請求項 1 0 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対してタンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 3】 請求項 1 0 において、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 5 0 乃至 2 5 0、窒素原子が 1 乃至 2 0 0 含まれている膜を 1 層以上含むことを特徴とするハーフトーン型位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 4】 請求項 1 0 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 1 0 0 以上含まれている膜が積層される構造を有することを特

微とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 5】 請求項 1 0 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合、酸素原子が 5 0 乃至 2 5 0、窒素原子が 1 乃至 2 0 0 含まれている膜が積層される構造を有することを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 6】 請求項 1 0 において、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜が透明基板上に直接成膜され、順次 2 層目以降の膜が積層される構造を有することを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 7】 請求項 1 0 ～ 1 6 の何れか 1 項において、透明基板上にエッチングストッパー層が形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項 1 8】 請求項 1 7 において、酸化ハフニウムを主体とする膜がエッチングストッパー層として形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、L S I 等の高密度集積回路の製造に用いられるフォトマスク及びそのフォトマスクを製造するためのフォトマスク用ブランクスに関し、特に、微細寸法の投影像が得られるハーフトーン位相シフトフォトマスク、このハーフトーン位相シフトフォトマスクを製造するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

L S I 等の半導体集積回路は、フォトマスクを使用したいいわゆるリソグラフィ工程を繰り返すことによって製造されるが、特に微細寸法の形成には、例えば特開昭 5 8 - 1 7 3 7 4 4 号公報、特公昭 6 2 - 5 9 2 9 6 号公報等にも示されているような位相シフトフォトマスクの使用が検討され、その中でも、例えば米国特許第 4, 8 9 0, 3 0 9 号等にも示されるような、いわゆるハーフトーン位相シフトフォトマスクが早期実用化の観点から注目を集め、特開平 5 - 2 2 5 9 号公報、特開平 5 - 1 2 7 3 6 1 号公報等のように、歩留まりを向上し、また、コストを低減した構成、材料に関していくつかの提案がされ、実用化が進められている。

【 0 0 0 3 】

ここで、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを図面に従って簡単に説明する。図 7 は、ハーフトーン位相シフトリソグラフィの原理を示す図、図 8 は従来法を示す図である。図 7 (a) 及び図 8 (a) は、フォトマスクの断面図、図 7 (b) 及び図 8 (b) はフォトマスク上での光の振幅、図 7 (c) 及び図 8 (c) はウェハー上での光の振幅、図 7 (d) 及び図 8 (d) はウェハー上での光強度をそれぞれ示し、4 1 1 及び 4 2 1 は透明基板、4 2 2 は 1 0 0 % 遮光膜、4 1 2 はハーフトーン位相シフト膜、4 1 3 及び 4 2 3 は入射光である。ここで、ハーフトーン位相シフト膜とは、透過する露光光の位相を、同光路長の空気を通る露光光の位相に対し事実上反転し、かつ、その強度を減衰させる機能を持つ膜であり、単層又は多層により形成される。従来法においては、図 8 (a) に示すように、石英ガラス等からなる基板 4 2 1 上にクロム等からなる 1 0 0 % 遮光膜 4 2 2 を形成し、所望のパターンの光透過部を形成してあるだけであり、ウェハー上の光強度分布は、図 8 (d) に示すように、裾広がりとなり、解像度が劣ってしまう。一方、ハーフトーン位相シフトリソグラフィでは、半透明膜であるハーフトーン位相シフト膜 4 1 2 を透過した光とその開口部を透過した光とでは位相が実質的に反転するので、図 7 (d) に示すように、ウェハー上でパターン境界部の光強度が 0 となり、その裾広がりを抑えることができ、したがって、解像度を向上することができる。

【 0 0 0 4 】

一般的に、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの位相差に関しては 180° が最適値となるが、透過率に関しては、最適値が1乃至20%（開口部を100%）の範囲にあり、転写するパターン、転写する条件等によって決まる。ハーフトーン位相シフトフォトマスクに関しては、位相差、透過率共に、その最適値に作り込むことが要求され、最適値からずれた場合には、適正露光量等が変化し、寸法精度の低下、焦点裕度の低下等に至ってしまう。したがって、ハーフトーン位相シフト膜を形成する単層又は多層の膜の屈折率、消衰係数、及び、膜厚の精度、安定性は言うまでもなく重要である。

【0005】

上記のように、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの効果が得られるためには、露光波長での位相差、透過率が非常に重要となる。また、露光波長での反射率は、フォトリソグラフィの工程でマスクとレンズ間での多重散乱等の影響を抑制するため、従来のフォトマスクと同様に低反射であることが望まれ、20%以下で最適である。さらに、マスク上に形成されるパターンの外観品質、寸法精度、位置精度等、従来のフォトマスクに要求される諸特性が要求されるため、それら諸特性を保証するために、マスク工程で使用される各種の検査、測定装置が使用可能なように、露光波長以外の光学特性として、各検査、測定装置の使用する波長での透過率、反射率等の光学特性が非常に重要となる。具体的には、488nm以下の波長の透過率、反射率が50%以下となることが望ましい。

【0006】

ところで、ハーフトーン位相シフト膜の成膜はPVD法、CVD法で可能であるが、中でも主となる材料をターゲットとして用いた反応性スパッタで行う場合が多い。膜の屈折率、消衰係数、膜厚の精度、安定性は、基本的に成膜工程で決定される。次に、位相シフトフォトマスクのパターニング工程で実際に位相差シフト膜をエッチングする工程には、主にリアクティブイオンエッチング等のドライエッチングが用いられる。さらに、位相シフトフォトマスクの製造工程では、その清浄度を向上させるため、洗浄が繰り返し行われる。

【0007】

具体例としては、特開平5-257264号公報、特開平7-134396号

公報、特開平 7-281414 号公報に示されるような、タンタル、タンタルの酸化物、タンタルの窒化物、タンタルの酸窒化物の何れか一つよりなるハーフトーン位相シフト膜が提案されている。

【0008】

また、近年、形成するパターンの微細化に伴い、リソグラフィーに使用される露光波長を短くする必要があるが、いわゆる 0.25 ミクロンデザインルールを超える微細化が進むにつれ、KrF エキシマレーザー（波長：248 nm）の実用化が始まり、さらに寸法が微細化されることをにらみ、ArF エキシマレーザー（波長：193 nm）の使用が検討されている。ハーフトーン位相シフトフォトマスクに使用するハーフトーン位相シフト膜に関しても、これらの波長に対して最適な位相差、透過率を実現でき、かつ、安定な屈折率、消衰係数を有する材料の開発が要求される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来提案されているタンタル、タンタルの酸化物、タンタルの窒化物、タンタルの酸窒化物の何れか一つよりなるハーフトーン位相シフト膜の場合、タンタル、タンタルの窒化物においては、波長 248 nm の位相差を 180° となる膜厚とした場合、透過率が 1% 以下となり、透過率の最適値とされる 1 乃至 20% にできないという問題点を有していた。

【0010】

例えば図 9 に、純タンタルターゲットの窒素雰囲気中反応性スパッタリング法により合成石英基板上に成膜されたタンタルの窒化膜の膜厚と波長 248 nm での位相差、透過率の関係を示す。図 9 に示されるように、膜厚の増加に比例して位相差が増大し、同時に透過率が減少する。

【0011】

タンタルの窒化膜の場合、膜厚 113 nm で位相差 180° となるが、透過率が 0.06% となり、位相シフトフォトマスクとして必要な透過率が得られない。

【0012】

また、タンタルの酸化物、酸窒化物の場合、波長 248 nm での位相差を 180° とし、透過率を 1 乃至 20 % の望みの透過率とした場合、検査波長での透過率が 50 % 以上となり、マスクの外観品質を保証するための検査装置、又は、寸法測定装置で精度良く検査することが不能になるという問題点を有していた。

【0013】

例えば図 10 に、純タンタルターゲットの酸素雰囲気中反応性スパッタリング法により合成石英基板上に成膜されたタンタルの酸化膜の膜厚と位相差、透過率の関係を示す。図 10 に示されるように、タンタルの酸化膜の場合、膜厚 81 nm で波長 248 nm の位相差が 180°、透過率が 13 % となり、位相シフト膜として使用できる範囲にある。ここで、図 11 に膜厚 81 nm のタンタル酸化膜の分光透過率曲線、図 12 に分光反射率曲線を示す。図 11 のように、波長 300 nm 以上で透過率 80 % 以上となる。また、図 12 のように、波長 248 nm の反射率は 29 % となり、露光波長で十分に反射率を低くすることができない。

【0014】

一方、外観品質、寸法精度、位置精度等、フォトマスクに要求される諸特性を保証するためにマスク工程で使用される各種の検査、測定装置は 365 nm から 633 nm の波長の光を使用するのが主となっており、光透過部と遮光部の光強度のコントラストにより検査、測定をしている。したがって、精度良く検査するためには、遮光部すなわちハーフトーン位相シフト膜の透過率が低いことが必要であり、365 nm から 488 nm の波長範囲で少なくとも 50 % 以下であることが必要である。

【0015】

以上のことから、酸化タンタル膜の場合、ハーフトーン位相シフトフォトマスクとしての検査、測定を実施する際、精度良く行うことが非常に困難であり、ひいてはフォトマスクとして必要な品質保証を行うことが不能であるという問題点を有していた。

【0016】

また、タンタルの酸化膜の場合は、タンタルと酸素の比を、あるいは、窒素を添加していき酸窒化物にすることにより、波長 248 nm で位相差が 180° と

なる膜厚を成膜した場合の透過率を制御することがある程度可能であるが、何れかの膜の単層膜で波長 248 nm の透過率を 1 % 以上とし、かつ、365 nm から 488 nm の波長の透過率を 50 % 以下にすることはできない。

【0017】

さらに、タンタルの酸化物、タンタルの窒化物、タンタルの酸窒化物の場合、位相シフトフォトマスクのパターニングを行う際のドライエッチングの工程でフッ素系のガスを用いるため、タンタル膜のエッチングと同時に石英等からなる透明基板がエッチングされ、その部分での位相差が生じ位相差を精密に制御することが困難になっていた。

【0018】

本発明は従来技術のこのような状況を鑑みてなされたものであり、その目的は、露光波長で位相差を 180° で精度よく制御し、透過率を 1 乃至 20 % の望みの透過率とした場合にも、フォトマスクの品質保証が容易にできるよう、検査、測定装置で使用する波長での透過率を精度良く制御したハーフトーン位相シフトフォトマスク及びこれを作製するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクを提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、透明基板上に、少なくともタンタル、酸素、炭素、窒素を含むハーフトーン位相シフト膜を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクにおいて、少なくとも 2 層あるいはそれ以上の異なる膜を多層積層した構造を持つことを特徴とするものである。

【0020】

上記において、各層を構成する膜は、タンタル原子と酸素原子との組成比がタンタル原子 100 に対して酸素原子が 100 以上含まれている膜、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比がタンタル原子 100 に対してタンタル以外の原子が 100 以下である膜、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比がタンタル原子 100 に対して酸素原子が 50 乃至 250、窒素原子が 1 乃至 200

含まれている膜であり、それらを2層あるいはそれ以上多層積層し、各々の膜厚を制御することにより、波長248nmでの位相差を 180° にし、透過率を1乃至13%の望みの透過率にすることができ、かつ、波長488nm以下の透過率を50%以下にすることができる。

【0021】

この際、2層あるいはそれ以上の異なる膜の多層膜において、タンタル原子100に対してタンタル以外の原子が100以下である膜を少なくとも1層含むことが望ましい。

【0022】

また、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を100とした場合タンタル以外の原子が100以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子100に対して酸素原子が100以上含まれている膜が積層される構造を有すること、あるいは、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を100とした場合タンタル以外の原子が100以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子を100とした場合酸素原子が50乃至250、窒素原子が1乃至200含まれている膜が積層される構造を有することにより、波長248nmでの位相差を 180° にし、透過率を1乃至20%の望みの透過率にし、波長488nm以下の透過率を50%以下にすることができ、かつ、波長248nmの反射率を20%以下にすることができる。

【0023】

また、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を100とした場合タンタル以外の原子が100以下である膜が透明基板上に直接成膜され、順次2層目以降の膜が積層される構造を有することにより、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比がタンタル原子を100とした場合タンタル以外の原子が100以下である膜は塩素系のガスでエッチングすることが可能であり、一方、合成石英等の透明基板は塩素系のエッチングガスではエッチングが進行しないため、位相シフト膜をドライエッチングでエッチングする際、合成石英等の透明基板上の、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比がタンタル原

子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜を塩素系のガスでエッチングすることにより、合成石英等の透明基板をエッチングすることなくパターンニングできるため、その部分での位相差が生じず、精度良く位相差を制御することができる。

【 0 0 2 4 】

さらに、透明基板上にエッチングストッパー層が形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことにより、位相シフト膜をパターンニングする際のドライエッチングで塩素系ガスあるいはフッ素系ガスを用いても、合成石英等の透明基板はエッチングされることがなく、その部分での位相差が生じることがないため、精度良く位相差を制御することができる。

【 0 0 2 5 】

また、この場合、エッチングストッパー層は酸化ハフニウム等のエッチング耐性が十分にあり、波長 2 4 8 n m での透過率が、透明基板上にストッパーとして機能する膜厚、具体的には 5 0 n m 程度を成膜しても、低下することがない材料とすることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

なお、本発明は上記の構成のハーフトーン位相シフトフォトマスクを作製するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスをも含むものである。

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の作用を説明すると、本発明は透明基板上に、少なくともタンタル、酸素、炭素、窒素を含むハーフトーン位相シフト膜を有するハーフトーン位相シフトフォトマスク及びブランクスにおいて、少なくとも 2 層あるいはそれ以上の異なる膜を多層積層した構造を持つことを特徴とするため、各々の膜厚を制御することにより、波長 2 4 8 n m での位相差を 1 8 0 ° にし、透過率を 1 乃至

2 0 % の望みの透過率にし、リソグラフィー工程の解像度を向上させることができ、かつ、波長 4 8 8 n m 以下の透過率を 5 0 % 以下にし、マスクの外観品質を保証するための検査装置又は寸法測定装置で精度良く検査することが可能となる。

【 0 0 2 8 】

また、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子との組成比が、タンタル原子 1 0 0 に対して酸素原子が 1 0 0 以上含まれている膜が積層される構造を有すること、あるいは、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜上に、タンタル原子と酸素原子及び窒素原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合酸素原子が 5 0 乃至 2 5 0、窒素原子が 1 乃至 2 0 0 含まれている膜が積層される構造を有することにより、波長 2 4 8 n m の位相差を 180° にし、透過率を 1 乃至 2 0 % の望みの透過率にし、波長 4 8 8 n m 以下の透過率を 5 0 % 以下にすることができ、かつ、波長 2 4 8 n m の反射率を 2 0 % 以下にすることができる。そのため、リソグラフィ工程での露光波長での位相シフトフォトマスクとステッパーレンズ間での多重散乱等を低減でき、より解像度を上げることができる。

【0 0 2 9】

さらに、タンタル原子とタンタル以外の原子との組成比が、タンタル原子を 1 0 0 とした場合タンタル以外の原子が 1 0 0 以下である膜が透明基板上に直接成膜され、順次 2 層目以降の膜が積層される構造を有すること、あるいは、透明基板上にエッチングストッパー層が形成され、その上に順次ハーフトーン位相シフト膜が積層される構造を持つことにより、ハーフトーン膜のみを選択的にエッチングすることができ、合成石英等の透明基板がエッチングされることにより生じる位相差の誤差を生じせしめず、位相差を高精度に制御した位相シフトフォトマスクを供給することができる。

【0 0 3 0】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクの実施例について説明する。

【0 0 3 1】

（実施例 1）

本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク及びハーフトーン位

相シフトフォトマスクの実施例 1 を図 1 に従って説明する。図 1 (a) に示すように、光学研磨され、良く洗浄された合成石英基板 101 上にスパッタリング法で、以下に示す条件で、まず、第 1 層目としてタンタルを主とする膜 102、次に、第 2 層目として主にタンタルと酸素からなる膜 103 の 2 層を順次成膜し、2 層構造としたハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク 104 を得た。

【0032】

第 1 層目

成膜装置 : DC マグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属タンタル
 ガス及び流量 : アルゴンガス 60 s c c m
 スパッタ圧力 : 15.0 ミリトール
 スパッタ電力 : 0.8 キロワット

第 2 層目

成膜装置 : DC マグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属タンタル
 ガス及び流量 : アルゴンガス 10 s c c m + 炭酸ガス 40 s c c m
 スパッタ圧力 : 5.0 ミリトール
 スパッタ電力 : 1.0 キロワット

ここで、成膜する第 1 層目の膜厚は 15 nm、第 2 層目の膜厚は 62 nm とした。

【0033】

上記の条件で得られた位相シフト膜の透過率を市販の透過率計（大塚電子（株）製 MCPD2000）で測定したところ、波長 248 nm の透過率は 6.02%、また、波長 488 nm 以下の波長の透過率は全て 50% 以下であった。図 4 に分光透過率曲線を示す。

【0034】

一方、X 線光電子分光法により、上記条件で得られた位相シフト膜の膜組成を分析したところ、第 1 層目はタンタル原子 100 に対し酸素原子が 16、第 2 層目はタンタル原子 100 に対し酸素原子が 150 と分析された。なお、X 線光電

子分光法での分析には、VG SCIENTIFIC社製 ESCALAB 210を用いて行い、Ar イオンビームでエッチングした後、各々の層を分析した。

【0035】

次に、このハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク 104 をパターンニングし、フォトマスクへと加工する工程の説明をする。図 1 (b) に示すように、上記で得たハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク 104 上に、市販の電子線レジスト (日本ゼオン (株) 製 ZEP 7000) をベーク後の膜厚が 300 nm になるように塗布し、続いて、110℃で20分間ベークをすることにより、電子線レジスト膜 105 を得る。

【0036】

さらに、フォトマスク用電子線描画装置により、所望のパターンの潜像を得た後、専用現像液 ZED 500 で現像処理をし、図 1 (c) に示すような所望のレジストパターン 106 を得る。このレジストパターン 106 をマスクとし、以下の条件で、誘導結合型プラズマエッチングを行い、ハーフトーン位相シフト膜のドライエッチングを行う。

【0037】

エッチング装置：誘導結合型プラズマエッチャー

ガス及び流量：6 フッ化硫黄ガス 18 sccm + 酸素ガス 4 sccm

エッチング圧力：10 ミリトール

エッチング電力：250 ワット

バイアス電力：10 ワット

エッチング終了後、紫外線を照射しながら、オゾンにより表面処理をすることにより不要なレジストを除去し、図 1 (d) に示すようなハーフトーン位相シフトフォトマスク 107 を得た。このとき、ハーフトーン位相シフトフォトマスク 107 の位相差を市販の位相シフトマスク用位相差計 (レーザーテック (株) 製 MPM 248) で測定したところ、波長 248 nm の位相差は 179.8° であった。

【0038】

このようにして得られ位相シフトフォトマスクは、波長 248 nm の位相差が

180° 近傍に精度良く制御され、また、波長488nmの透過率が50%以下となっているため、フォトマスクの外観検査装置、寸法測定装置で最高感度での検査が可能であった。また、本実施例では、波長248nmでの透過率を最も一般的な6%をねらって作製したが、異なる透過率の位相シフトフォトマスクを作製する場合は、1層目の膜厚と2層目の膜厚を変化させることにより、望みの透過率で位相差が180°の位相シフトフォトマスクが容易に得られる。

【0039】

また、本実施例において、位相シフトフォトマスク用ブランクをフォトマスクへと加工する工程の中、誘導結合型プラズマエッチング装置でエッチングを実施する際、最初にエッチングされる上層の第2層目103は、上記の条件で、次にエッチングされる下層の第1層目102のタンタルを主とする膜をエッチングするときに、塩素系のガスを用いてエッチングを実施すると、合成石英等の透明基板101がエッチングされることがないため、より精度良く位相差を制御することが可能である。下層の具体的なエッチング条件は下記の通りである。

【0040】

エッチング装置：誘導結合型プラズマエッチャー

ガス及び流量：塩素ガス21sccm

エッチング圧力：5ミリトール

エッチング電力：250ワット

バイアス電力：25ワット

【0041】

(実施例2)

次に、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク及びハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施例2を図2に従って説明する。図2(a)に示すように、光学研磨され、良く洗浄された合成石英基板201上にスパッタリング法で、以下に示す条件で、まず、第1層目として主にタンタルと酸素からなる膜202、次に、第2層目としてタンタルを主とする膜203、次に、第3層目として主にタンタルと酸素からなる膜204、を順次成膜し、3層構造としたハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク205を得た。

【0042】

第1層目

成膜装置 : DCマグネトロンスパッタ装置

ターゲット : 金属タンタル

ガス及び流量 : アルゴンガス 10 s c c m + 炭酸ガス 40 s c c m

スパッタ圧力 : 5.0 ミリトール

スパッタ電力 : 1.0 キロワット

第2層目

成膜装置 : DCマグネトロンスパッタ装置

ターゲット : 金属タンタル

ガス及び流量 : アルゴンガス 60 s c c m

スパッタ圧力 : 15.0 ミリトール

スパッタ電力 : 0.8 キロワット

第3層目

成膜装置 : DCマグネトロンスパッタ装置

ターゲット : 金属タンタル

ガス及び流量 : アルゴンガス 10 s c c m + 炭酸ガス 40 s c c m

スパッタ圧力 : 5.0 ミリトール

スパッタ電力 : 1.0 キロワット

ここで、成膜する第1層目の膜厚は 50 nm、第2層目の膜厚は 15 nm、第3層目の膜厚は 12 nm とした。

【0043】

上記の条件で得られた位相シフト膜の透過率を市販の透過率計（大塚電子（株）製 MCPD2000）で測定したところ、波長 248 nm の透過率は 6.0 %、また、波長 488 nm 以下の波長の透過率は 50 % 以下であった。図5に分光透過率曲線を示す。また、位相シフト膜の表面反射率を市販の反射率計（（株）日立製作所製 自記分光光度計 330）で測定したところ、波長 248 nm の反射率は 14.8 % と低反射の膜が得られた。図6に分光反射率曲線を示す。

【0044】

このハーフトーン位相シフトマスク用ブランクス 2 0 5 を図 2 (b) のハーフトーン位相シフトフォトマスク 2 0 6 へと加工する工程は、実施例 1 と同様である。このとき、ハーフトーン位相シフトフォトマスク 2 0 6 の位相差を市販の位相シフトマスク用位相差計 (レーザーテック (株) 製 MPM 2 4 8) で測定したところ、波長 2 4 8 nm の位相差は 1 8 0 . 1 ° であった。

【0 0 4 5】

このようにして得られ位相シフトフォトマスクは、波長 2 4 8 nm の位相差が 1 8 0 ° 近傍に精度良く制御され、また、波長 4 8 8 nm の透過率が 5 0 % 以下となっているため、フォトマスクの外観検査装置、寸法測定装置で最高感度での検査が可能であったことは、実施例 1 と同様であった。また、本実施例では、波長 2 4 8 nm での透過率を最も一般的な 6 % をねらって作製したが、異なる透過率の位相シフトフォトマスクを作製する場合は、第 1 層目の膜厚と第 2 層目の膜厚、あるいは、第 3 層目の膜厚を変化させることにより、望みの透過率で位相差が 1 8 0 ° の位相シフトフォトマスクが容易に得られることもまた、実施例 1 と同様である。加えて、波長 2 4 8 nm での反射率が 1 4 . 8 % と十分低く、フォトリソグラフィの工程でより解像度を上げることができるのは言うまでもない。

【0 0 4 6】

また、第 3 層目として、主にタンタルと酸素からなる膜の代わりに、主にタンタルと酸素と窒素からなる膜を成膜しても、同様の効果が得られ、その成膜条件の 1 例は下記の通りである。

【0 0 4 7】

第 3 層目

成膜装置	: DC マグネトロンスパッタ装置
ターゲット	: 金属タンタル
ガス及び流量	: アルゴンガス 1 0 s c c m + 炭酸ガス 1 0 s c c m + 窒素ガス 3 0 s c c m
スパッタ圧力	: 5 . 0 ミリトール
スパッタ電力	: 1 . 0 キロワット

ここで、合成石英基板上に150nmの膜厚で金属タンタル膜を成膜し、さらに、上記の条件でタンタルと酸素と窒素からなる膜を28nmの膜厚で成膜し、X線光電子分光法で膜組成を分析したところ、タンタル原子100に対し酸素原子が136、窒素原子が17であった。なお、X線光電子分光法での分析には、VG SCIENTIFIC社製 ESCALAB210を用いて行い、Arイオンビームでエッチングした後、分析した。

【0048】

(実施例3)

次に、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク及びハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施例3を図3に従って説明する。図3(a)に示すように、光学研磨され、良く洗浄された合成石英基板301上にスパッタリング法で、以下に示す条件で、まず、第1層目として酸化ハフニウムを主とするエッチングストッパー層302を成膜し、第2層目として主にタンタルと酸素からなる膜303、次に、第3層目としてタンタルを主とする膜304、次に、第4層目として主にタンタルと酸素からなる膜305、を順次成膜し、4層構造としたハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク306を得た。

【0049】

第1層目

成膜装置 : DCマグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属ハフニウム
 ガス及び流量 : アルゴンガス10sccm+炭酸ガス40sccm
 スパッタ圧力 : 5.0ミリトール
 スパッタ電力 : 1.0キロワット

第2層目

成膜装置 : DCマグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属タンタル
 ガス及び流量 : アルゴンガス10sccm+炭酸ガス40sccm
 スパッタ圧力 : 5.0ミリトール
 スパッタ電力 : 1.0キロワット

第 3 層目

成膜装置 : DC マグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属タンタル
 ガス及び流量 : アルゴンガス 6 0 s c c m

スパッタ圧力 : 1 5 . 0 ミリトール
 スパッタ電力 : 0 . 8 キロワット

第 4 層目

成膜装置 : DC マグネトロンスパッタ装置
 ターゲット : 金属タンタル
 ガス及び流量 : アルゴンガス 1 0 s c c m + 炭酸ガス 4 0 s c c m
 スパッタ圧力 : 5 . 0 ミリトール
 スパッタ電力 : 1 . 0 キロワット

ここで、成膜する第 1 層目の膜厚は 5 0 n m、第 2 層目は 5 0 n m、第 3 層目の膜厚は 1 5 n m、第 4 層目の膜厚は 1 2 n m とした。

【 0 0 5 0 】

上記の条件で得られた位相シフト膜の透過率は、実施例 2 と同様である。

【 0 0 5 1 】

このハーフトーン位相シフトマスク用ブランク 3 0 6 を図 3 (b) のハーフトーン位相シフトフォトマスク 3 0 7 へと加工する工程は、実施例 1 と同様である。このとき、ハーフトーン位相シフトフォトマスク 3 0 6 の位相差を市販の位相シフトマスク用位相差計（レーザーテック（株）製 MPM 2 4 8）で測定したところ、波長 2 4 8 n m の位相差は 1 8 0 . 1 ° であった。

【 0 0 5 2 】

このようにして得られた位相シフトフォトマスクは、波長 2 4 8 n m の位相差が 1 8 0 ° に精度良く制抑制され、また、波長 4 8 8 n m の透過率が 5 0 % 以下となっているため、フォトマスクの外観検査装置、寸法測定装置で最高感度での検査が可能であったことは、実施例 1 と同様であった。また、本実施例では、波長 2 4 8 n m での透過率を最も一般的な 6 % をねらって作製したが、異なる透過率の位相シフトフォトマスクを作製する場合は、第 1 層目の膜厚と第 2 層目の膜厚

、あるいは、第3層目の膜厚を変化させることにより、望みの透過率で位相差が 180° の位相シフトフォトマスクが容易に得られることもまた、実施例1と同様である。加えて、波長 248 nm での反射率が 14.8% と十分低く、フォトリソグラフィの工程でより解像度を上げることができるのは言うまでもない。

【0053】

また、本実施例において、位相シフトフォトマスク用ブランクスをフォトマスクへと加工する工程の中、誘導結合型プラズマエッチング装置でエッチングを実施する際、上記の条件でエッチングを行い、途中で条件を変更することなく完了させても、エッチングストッパー層が合成石英等の透明基板上にあるため、透明基板がエッチングされることがなく、より精度良く位相差を制御することが可能である。

【0054】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク、及び、ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクによると、波長 248 nm での透過率を1乃至 13% とし、波長 365 nm から 633 nm の範囲で透過率を 50% 以下にすることができ、フォトマスクの品質を保証するための検査が容易となる。さらに、波長 248 nm での反射率を 20% 以下にすることもできるため、フォトリソグラフィの工程でより多重散乱等の影響を受けない、実用性に優れた最適なハーフトーン位相シフトフォトマスクを得ることができる。また、透明基板直上にエッチングストッパー層を成膜することにより、従来、透明基板がエッチングされることにより生じる位相差がなく、ひいては、位相精度の良いハーフトーン位相シフトフォトマスクを作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例1のハーフトーン位相シフトマスク用ブランクを製造する工程、及び、これを加工してハーフトーン位相シフトフォトマスクを得る工程を説明する図である。

【図2】

本発明の実施例 2 のハーフトーン位相シフトマスク用ブランクを製造する工程を説明する図である。

【図 3】

本発明の実施例 3 のハーフトーン位相シフトマスク用ブランクを製造する工程を説明する図である。

【図 4】

実施例 1 のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクの分光透過率曲線を示す図である。

【図 5】

実施例 2 のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクの分光透過率曲線を示す図である。

【図 6】

実施例 2 のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクの分光反射率曲線を示す図である。

【図 7】

ハーフトーン位相シフトリソグラフィーの原理を示す図である。

【図 8】

図 7 に対し、従来のリソグラフィー法を示す図である。

【図 9】

タンタルの窒化膜の膜厚と位相差、透過率の関係を示す図である。

【図 10】

タンタルの酸化膜の膜厚と位相差、透過率の関係を示す図である。

【図 11】

膜厚 81 nm のタンタル酸化膜の分光透過率曲線を示す図である。

【図 12】

膜厚 81 nm のタンタル酸化膜の分光反射率曲線を示す図である。

【符号の説明】

101、201、301…フォトマスク用合成石英基板

102、203、304…タンタルを主とする膜

1 0 3、2 0 2、2 0 4、3 0 3、3 0 5…主にタンタルと酸素からなる膜

3 0 2…エッチングストッパー層

1 0 4…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク

1 0 5…電子線レジスト

1 0 6…レジストパターン

1 0 7…ハーフトーン位相シフトフォトマスク

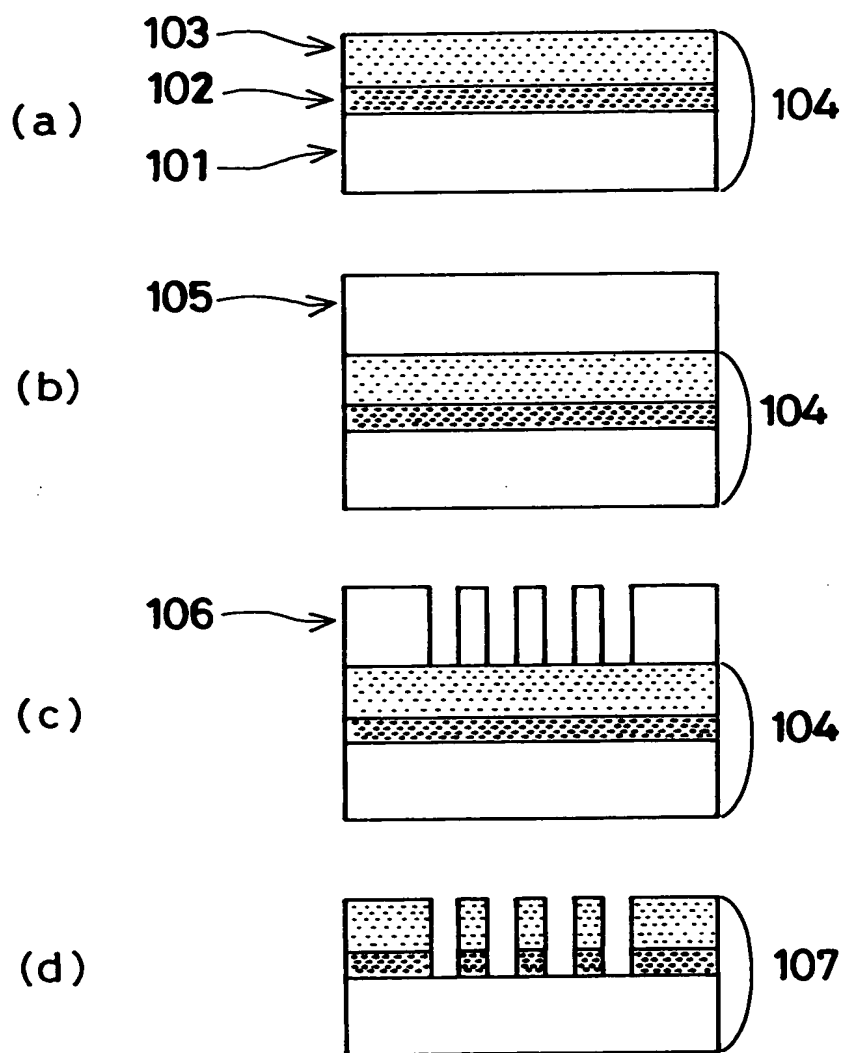
2 0 5…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク

2 0 6…ハーフトーン位相シフトフォトマスク

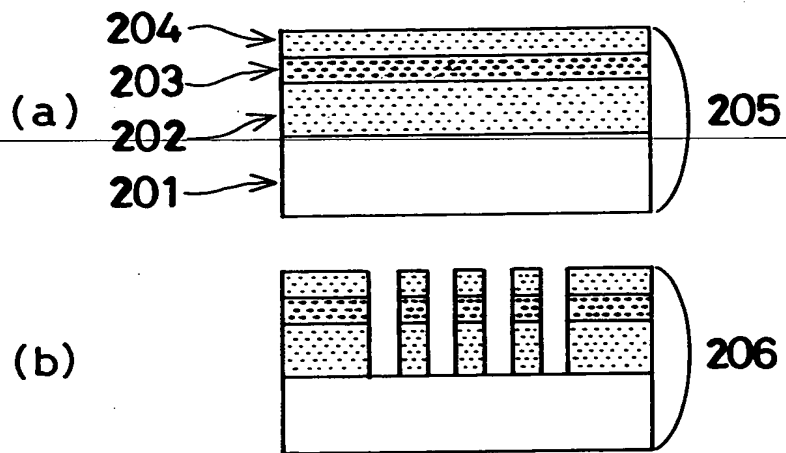
3 0 6…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランク

【書類名】 図面

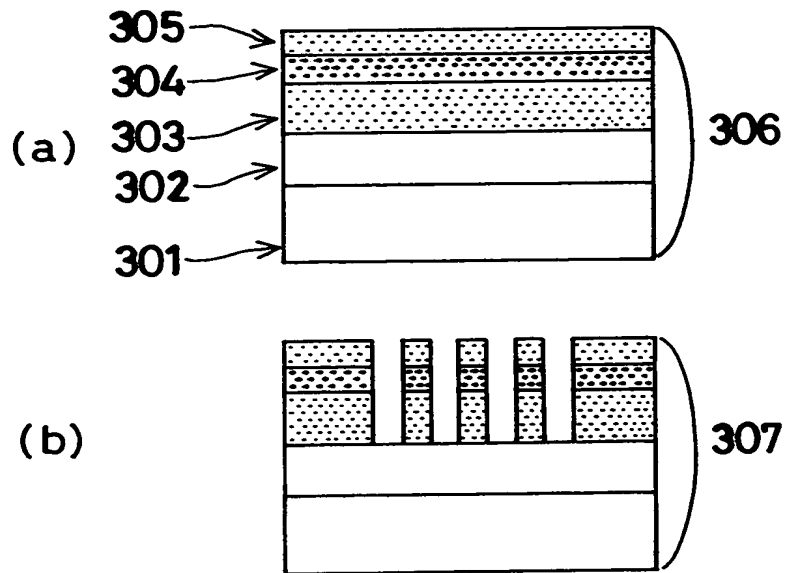
【図 1】



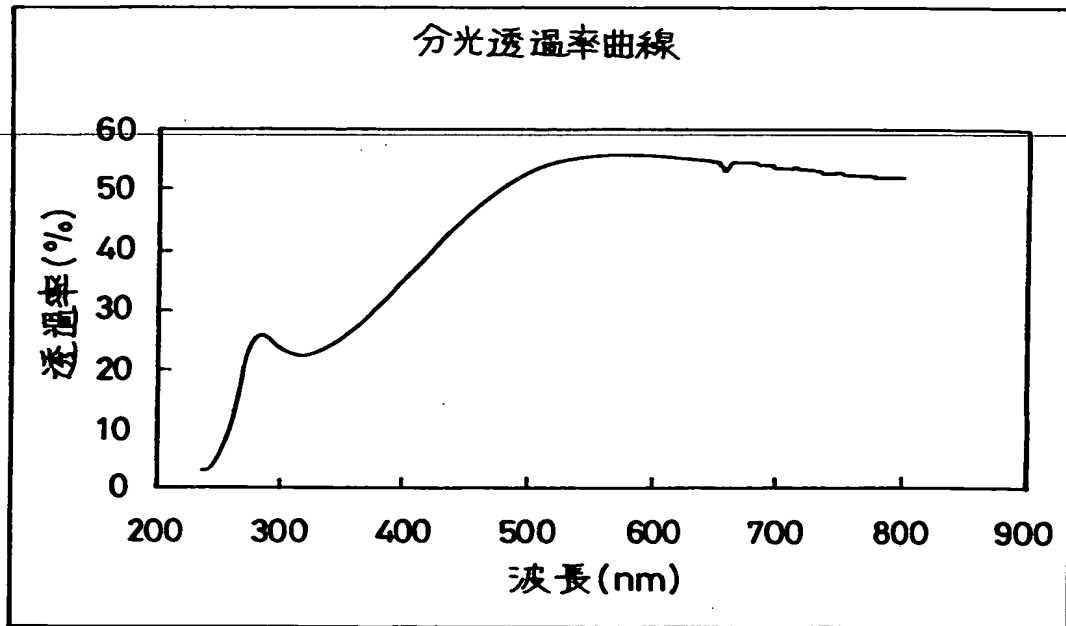
【図 2】



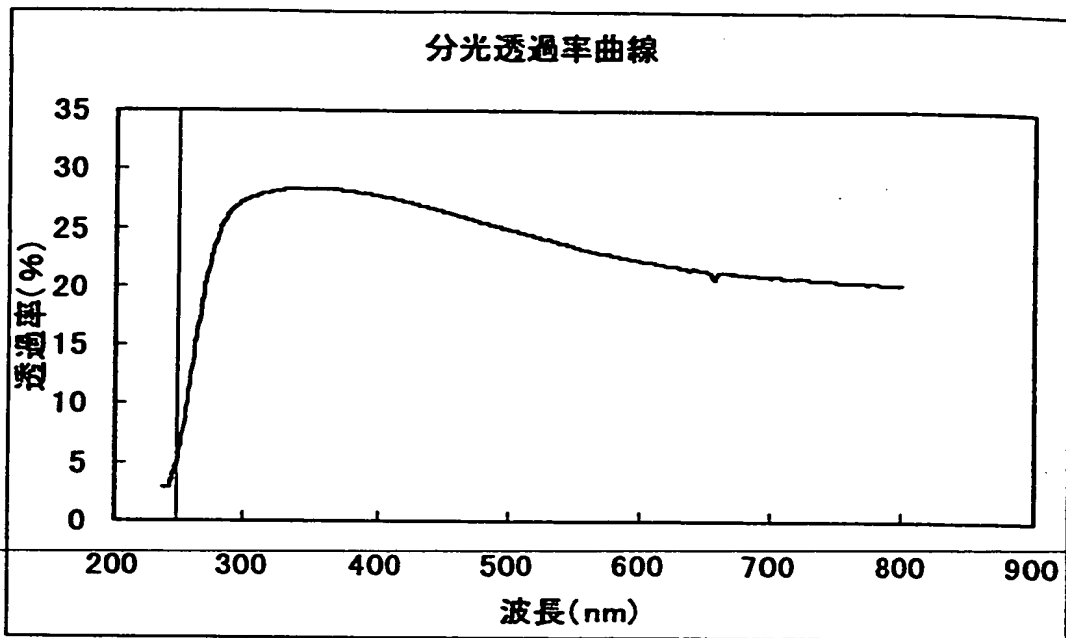
【図 3】



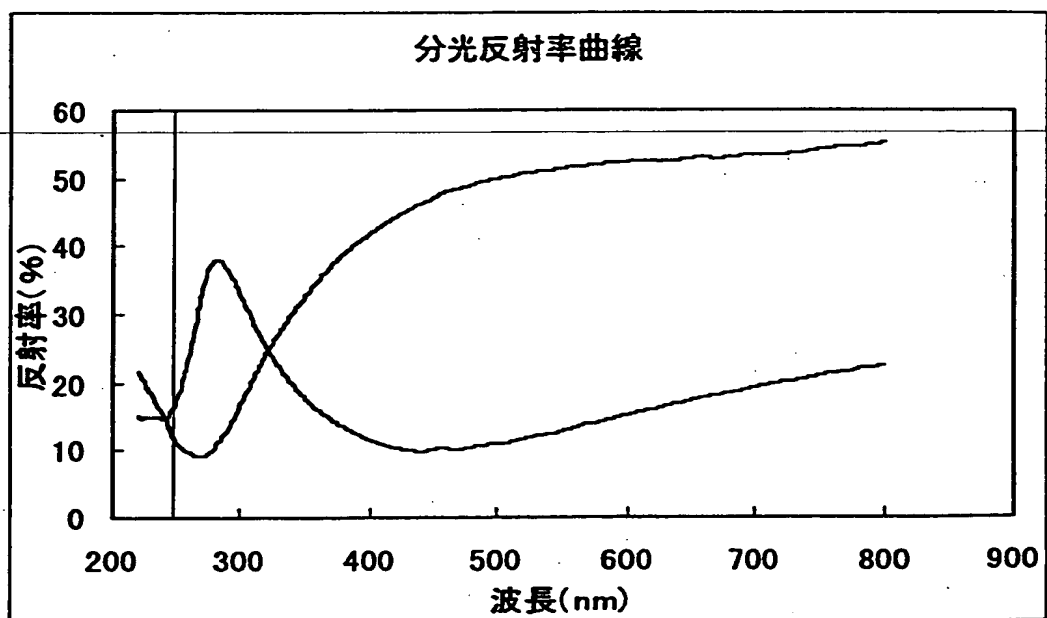
【図 4】



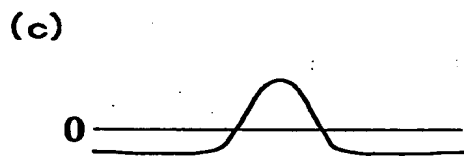
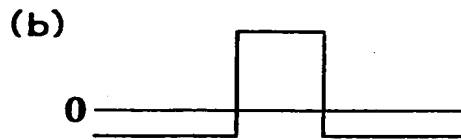
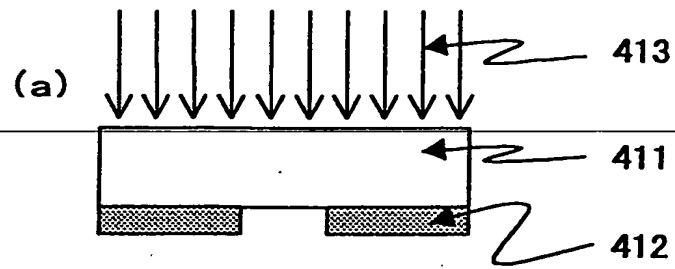
【図 5】



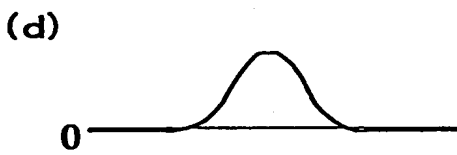
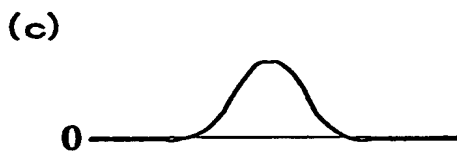
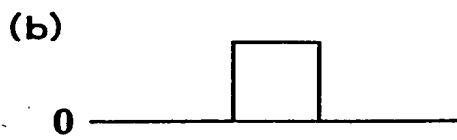
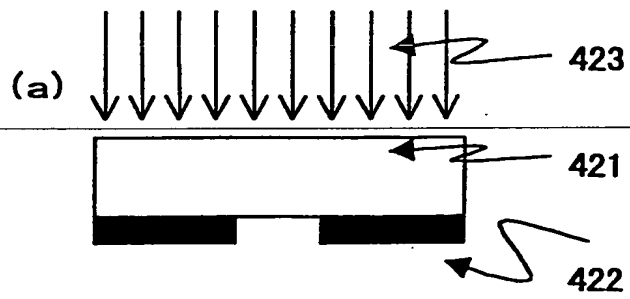
【图 6】



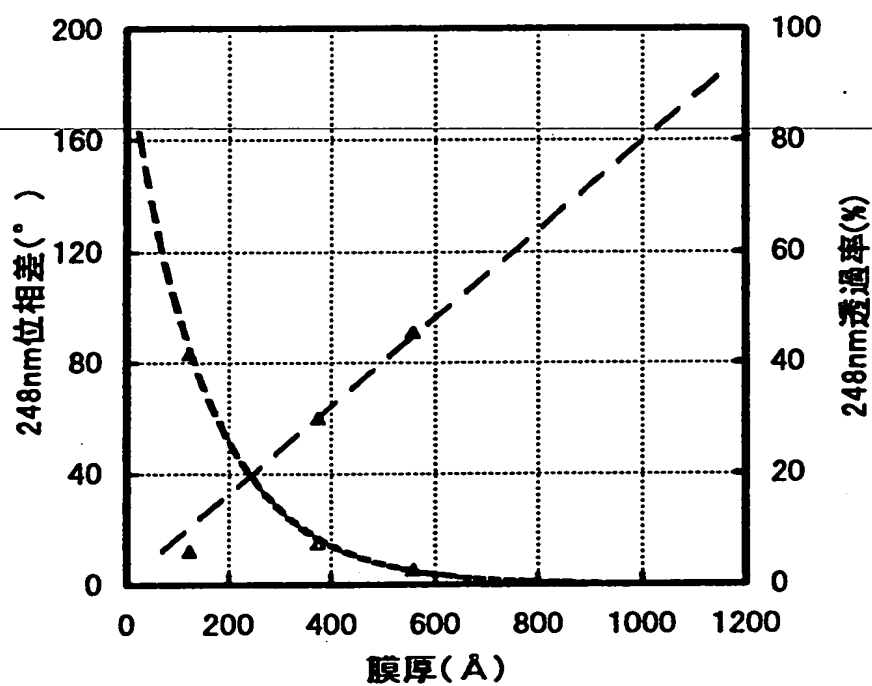
【図 7】



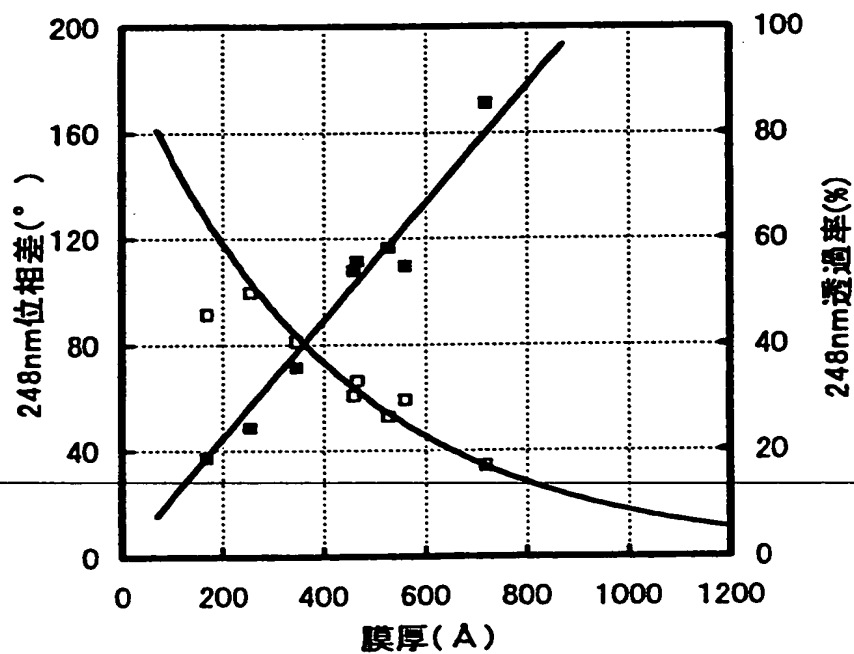
【图 8】



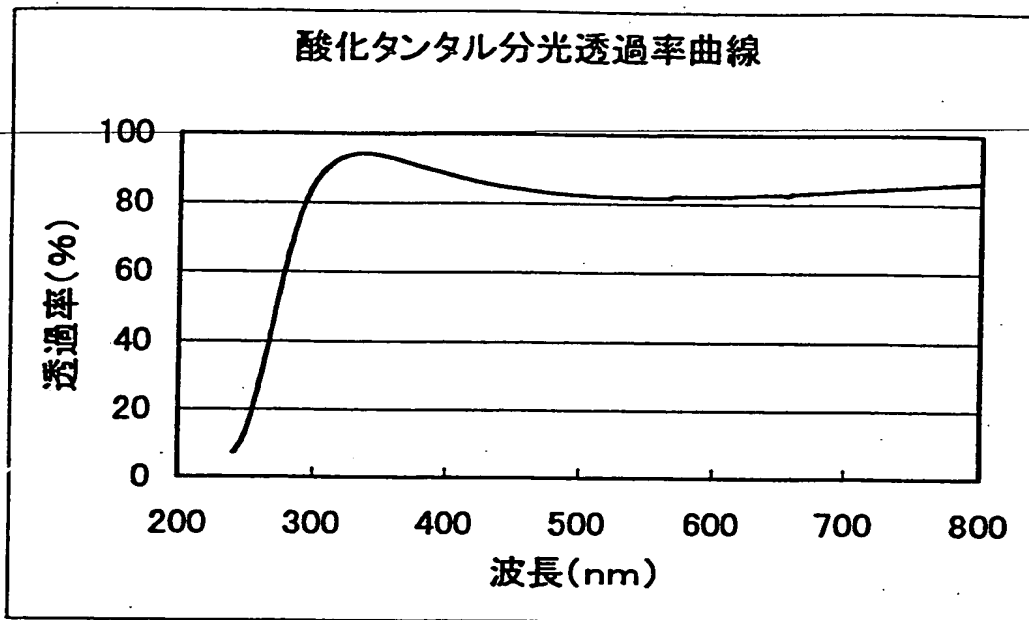
【図 9】



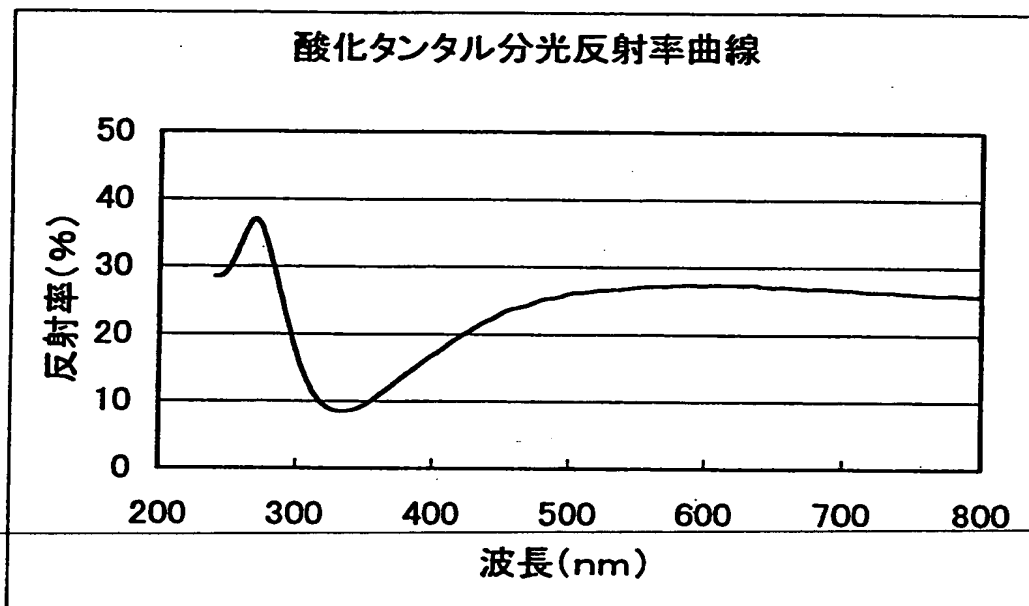
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 露光波長で位相差を 180° で精度よく制御し、透過率を 1 乃至 20 %の望みの透過率とした場合にも、フォトリソの品質保証が容易にできるよう、検査、測定装置で使用する波長での透過率を精度良く制御したハーフトーン位相シフトフォトリソ。

【解決手段】 透明基板 101 上に、少なくともタンタル、酸素、炭素、窒素を含むハーフトーン位相シフト膜を有するハーフトーン位相シフトフォトリソ 107 において、少なくとも 2 層 102、103 あるいはそれ以上の異なる膜を多層積層した構造を持つ。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002897]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

氏 名 大日本印刷株式会社

